C から体感する RL78 マイコン

(C)2010 -2012 てきーらサンドム

R1.02 2012/7/14

はじめに

理屈よりも実際の動作でマイコンを覚えたい人向きの解説書です。

・プログラム動作例を中心に説明します。

・比較的簡単なハードで日本語表示，かな入力ができます

・ルネサス エレクトロニクス製 16 ビット・マイコン RL78 を使用します。

－－－　目次概要　－－－

1 章　C 言語のさわり（準備）

1.1 最短で動作を見る／1.2 プログラム動作までの流れ／

1.3 開発環境のインストール／1.4 ボード（実行環境）の製作

2 章　C 言語をかじる（見て触って覚える）

2.1 行儀を正して／2.2 固定した文字の表示／2.3 数値（変数）の表示／

2.4 配列と繰返し処理／2.5 キー入力に応じた動作の選択／2.6 関数電卓／

2.7 文字列の操作と構造体／2.8 関数の使い方と変数の通用範囲／2.9 補足

3 章　ハードな C 言語（マイコン特有部分）

3.1 C から見たマイコンの基礎／3.2 ポート操作の基本／3.3 キー入力／

3.4 LCD 制御／3.5 定期的な処理（インターバル・タイマと割り込み）／

3.6 メロディ制御（方形波出力）／3.7 LED 調光（PWM 制御）／

3.8 温度測定（A/D 変換）／3.9 時計機能（RTC）／

3.10 パソコン COM ポート接続（UART 通信）／

3.11 赤外線通信（パルス間隔測定）

4 章　リアルな C 言語（実用的プログラム構造）[注：追加予定]

4.1 プログラムの基本構造／4.2 基本構造の役割／4.3 基本構造の種類／

4.4 基本構造の設計例／4.5 タスクの設計例

－－－　目次詳細　－－－

1章　C言語のさわり（準備）
1.1　最短で動作を見る
1.2　プログラム動作までの流れ
1.3　開発環境のインストール
1.3.1　ソフトウエアのダウンロード
1.3.2　インストール方法
1.3.3　ビルド確認とプログラム作成
1.4　ボード（実行環境）の製作
1.4.1　マイコン基板
1.4.2　LCD基板
1.4.3　キー基板
1.4.4　通信基板
1.4.5　SD基板

参考文献（1～3章）

(1)ルネサス エレクトロニクス資料
・「RL78/G13 ユーザーズマニュアル　ハードウエア編」
・「RL78ファミリ ユーザーズマニュアル　ソフトウエア編」
・「CubeSuite＋統合開発環境ユーザーズマニュアル」（各編）
・「E1エミュレータ　ユーザーズマニュアル」（別冊含む）
・「RF-Programmerユーザーズマニュアル」
・「QB-R5F100LE-TB　ユーザーズマニュアル」
・「CC78K0R Ver.2.00 Cコンパイラ 言語編」
(2)その他
・JIS X 3010 プログラム言語C（閲覧方法は2.1.4項参照）
・「新ANSI C言語辞典」平林雅英著，技術評論社
・「プログラミング言語C」カーニハン＆リッチー著，石田晴久訳，共立出版株式会社

1章　C言語のさわり

この章では，まず簡単なプログラム例を見てから，プログラム開発や実行する環境を準備します。

1.1　最短で動作を見る

まずは次のプログラムを見てください。

```
/* リスト1−1　最短で動作を見る */                    /*解説③*/
main () {                                          /*解説②*/
    printf("今日も元気だ！");                        /*解説①*/
}
```

これを実行すると写真1−1のようになります・・・って，ちょっと飛び過ぎですね。準備として，

・Cコンパイラ（開発環境）をインストールする。

・ボード（実行環境）を作る。

という作業が必要です。でも，まずはリスト1−1を解説します。

①printf関数

printf は，文字を表示するという関数です。関数というと，数学でy = f(x)とか出てきますが，まさにその関数です。C言語というのは，数式を寄せ集めたような書き方をします。

ちょっと違うのは最後にセミコロン（;）を付けて，

```
y = x + 3;
y = f(x);
```

などのように書きます。

printf関数も

```
y = printf(x);
```

のように書けるのですが，ここでは関数の結果を使わないので省略しています。

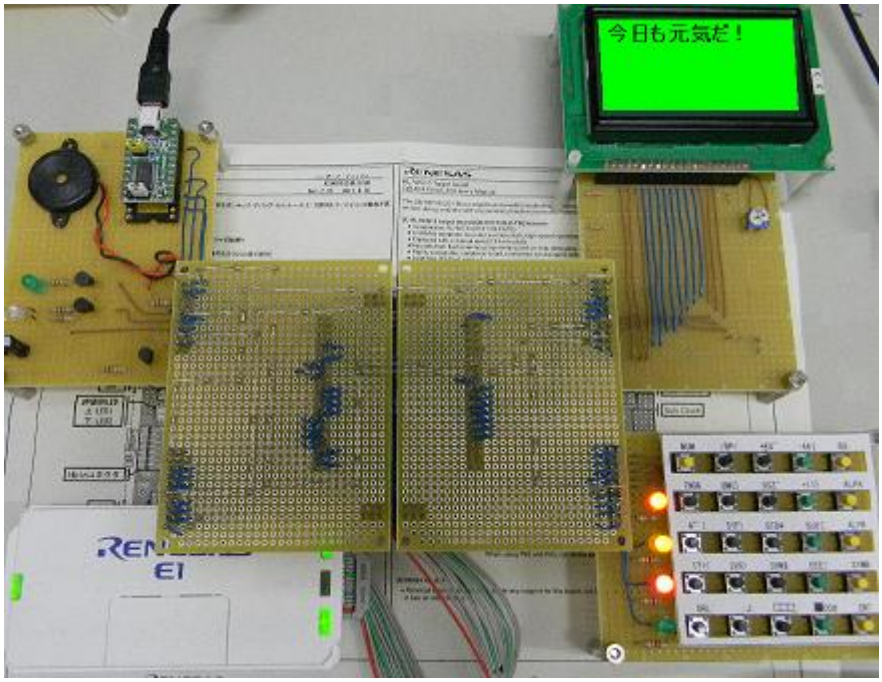


写真1−1　全体像
（LCD表示は埋込画像）

②main 関数

main は，C 言語において必ず最初に実行する関数で，main 関数の実行が終わればプログラムは終了します・・・と覚えましょう。

本当は電源が入ってから main 関数を実行する前に準備があり，main 関数が終わった後はマイコンはどうなるんだという話もありますが，最初の段階では気にしないで下さい。

さて main の行は，main という関数が具体的にどんな動作をするのかを書き始めている部分です。C プログラミングというのは，まさに関数の定義（具体的動作）を書くということなのです。

関数の具体的動作は，{} の内側に書きます。リスト 1 は具体的動作が 1 行しかないので，

```
main() { printf("今日も元気だ！"); }
```

とも書けます。普通はたくさんの数式やら文を書くので適当に改行します。

コーディング作法（改行や字下げのマナー）は追々覚えるとして，C 言語自体は名称の途中以外や，’ ’や" "で囲まれた中以外では，自由に空白や改行を入れることが出来ます。

③コメント

/*と*/で囲まれた部分をコメントといいます。ここには何を書いても実行結果に何も影響しません。

1.2 プログラム動作までの流れ

図 1−1 にプログラム作成から実行までの作業の流れと，使用するソフトウエア（フリーダウンロード可能）について示します。

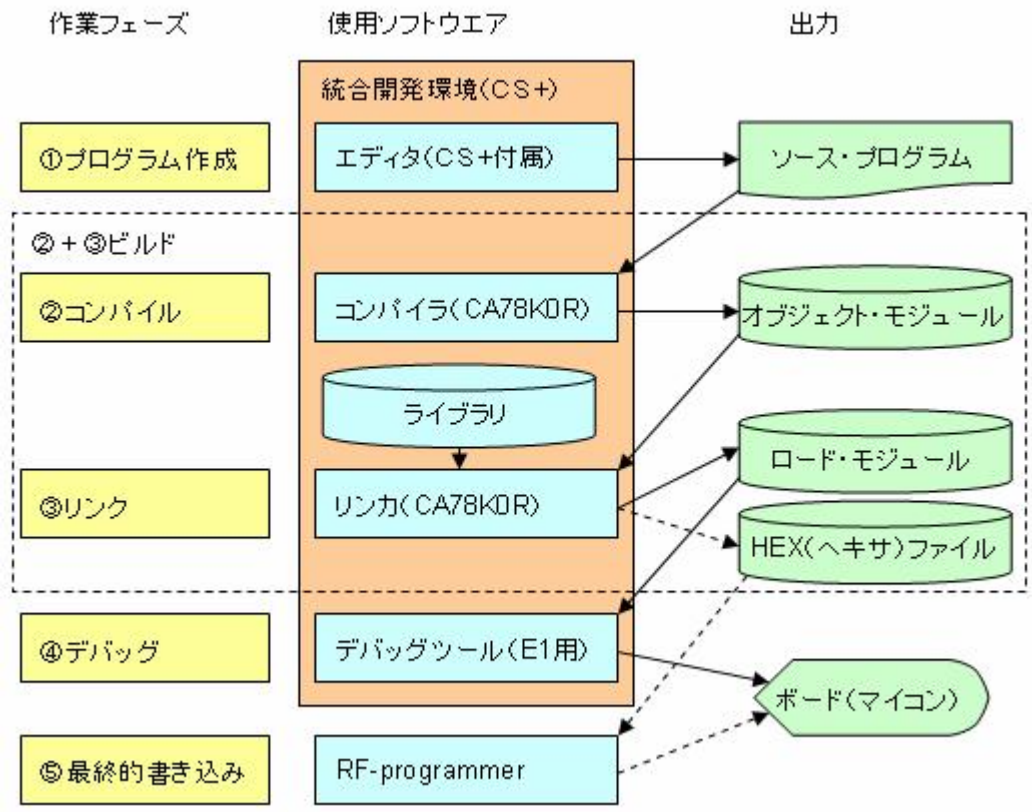


図 1−1
プログラム動作
までの流れ

①プログラム作成

エディタを使用して C 言語のプログラムを書きます。エディタはメーカ提供の統合開発環境ソフトウエア（CubeSuite+）に付属しています。その他の一般的なテキスト・エディタを使うことも出来ます。

作成したプログラムをソース・プログラムと言います。

②コンパイル

コンパイラ（CA78K0R）を使って，C 言語のソース・プログラムをマイコンが理解できる機械語に翻訳します。

コンパイラは，ソース・プログラムの書き方が悪いとエラー（致命的間違い）やワーニング（致命的かもしれない間違い）を出します。

③リンク

リンカ（CA78K0R）を使って，コンパイラが生成したオブジェクト・モジュール・ファイルと，ライブラリ（標準的な関数等）を結合し，マイコンが実行可能なロード・モジュール・ファイルを作ります。

コンパイルとリンクの作業をまとめて，ビルドと言います。ソース・プログラムがコンパイル済の場合は再度コンパイルされることなくリンクされます。

再コンパイルから行う作業は，リビルドと言います。

④デバッグ

実際にプログラムを動作させて，問題があれば修正します。

まずデバッグツール（E1 用）を使用して，ロード・モジュール・ファイルをマイコンに書き込んで，マイコンを動作させます。

デバッグツールを使うと，ソース・プログラムを行単位で動かしたり，途中経過を見ることが出来ます。

⑤最終的書き込み

デバッグが終わったら，最終的なプログラムをマイコンに書き込みします。これによりマイコン単体（デバッガ接続無し）で動作が可能になります。（注：デバッグツールで書いた状態で動くこともあるが，デバッグ・コードも書かれていて，それが悪さすることがある）

1.3　開発環境のインストール

ソフトウエアのダウンロード方法，インストール方法，セットアップ方法を説明します。

1.3.1　ソフトウエアのダウンロード

ダウンロードするソフトウエアは，次の３つです。

・統合開発環境 CubeSuite＋

・プログラマ（Renesas Flash Programmer）

・RL78 ドライバ・キット

（1）統合開発環境 CubeSuite＋

掲載ページは下記です。

http://japan.renesas.com/products/tools/evaluation_software/downloads.jsp

（2）プログラマ（Renesas Flash Programmer）

統合開発環境の掲載ページにあります。

（3）RL78 用各種ドライバ類

本書の例題を動作させるには，筆者提供の各種ドライバ類（ドライバ・キット）が必要になります。ベクターから次のファイルをダウンロードします。

KLCD_RL78

1.3.2　インストール方法

（1）統合開発環境 CubeSuite＋

インストールの最初の画面に，事前にインストールすべきソフト（下記）が表示されるので，それに従ってください。

①WindowsXP，Vista の場合：MS .NET Framework 3.5 SP1

②WindowsXP，Vista の場合：同上 日本語パック

③WindowsXP～7 の場合：Visual C++2008 SP1 再頒布可能パック（x86）

なお，Visual C++ Express edition 2008 をインストール済みなら，上記インストールは不要で，すぐに CubeSuite+をインストールできます。

パソコンのログイン名が日本語だと上記③ではじかれます（対処方法不明）。

(2) プログラマ（Renesas Flash Programmer）

ダウンロード・ファイルをクリックすればインストールが始まります。

デバッグが完了して単体動作させる時に使用します。最初は使用しません。

(3) RL78 用各種ドライバ類

ダウンロードした KLCD_RL78_Rxxx.zip をプログラム開発用の適当なフォルダに解凍します。次のファイルが解凍されます。

- KLCD_RL78.pdf　　ドライバ・キットの取扱説明書
- KLCD_RL78.mtpj　　プロジェクト・ファイル（RL78/G13　64 ピン用）
- *.dr　　リンク・ディレクティブ
- KLCD_RL78.zip　　ドライバのソース・プログラム（ライセンス・コード必要）
- driver フォルダ　　ドライバ・ライブラリ，ヘッダ，等
- main フォルダ　　本書掲載のサンプル・プログラム
- other フォルダ　　回路図，プロジェクト・ファイルの控え，本書

1.3.3　ビルド確認とプログラム作成

KLCD_RL78.mtpj をクリックすると CubeSuite+が起動します。

(1)ビルド確認

まずは正常に環境が整っているか，ビルドして確認みます。ビルドのアイコンを押すか，ビルド・メニューの「ビルド・プロジェクト」を選ぶとビルドが出来るはずです。

この段階ではワーニングが 2 つ出ますが，エラーは出ないはずです。うまくいかない場合はリビルドしてみてください。

(2)プログラムを作成

プロジェクト・ツリー（画面左）のファイルの下にある main.c を書き換えれば良いです。

main.c 以外の各種ドライバ類については，3 章で解説します。

(3)ポート割り当てやマイコンのシリーズを変更したい場合

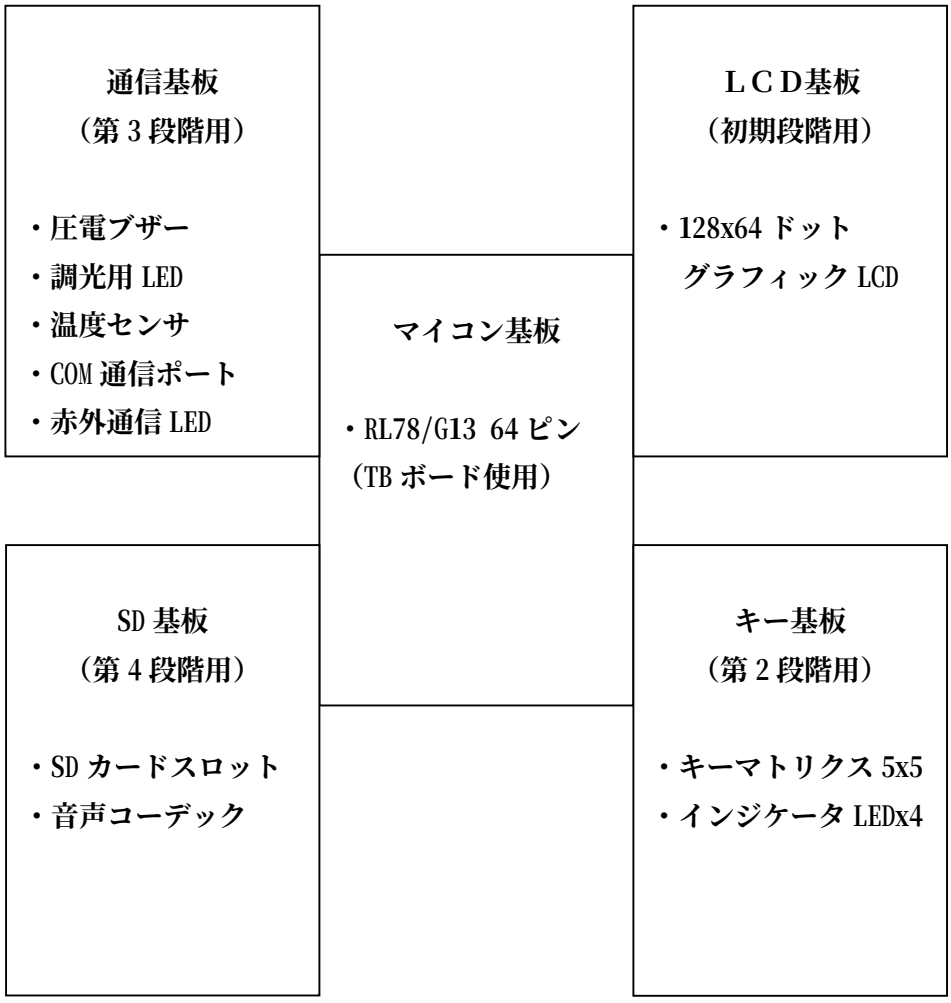
ドライバ・キットの取扱説明書を参照してください。

1.4　ボード（実行環境）の製作

ボードは段階的に作れるようになっています。各基板の回路図は other フォルダの下に入ってます。

・初期段階：LCD と E1（デバッグツール）を接続します。
　　2 章の途中までは，これだけで使用できます。
・第２段階：キーと LED を追加します。
　　2 章の途中から使用します。
・第３段階：好みに応じて圧電ブザー，調光用 LED，温度センサ，時計，COM ポート，
　　赤外線送受信の追加を行います。3 章以降にプログラム例があります。
・第４段階：SD カード，音声コーデックの追加が可能です。［注：将来の予定］

図 1－2　全体構成



1.4.1　マイコン基板

マイコンがあらかじめ実装されている TB ボードを使用します。時計用発振子やデバッグツール（E1）接続用のピン・ヘッダーも実装済みです。

マイコン基板には TB ボードと各周辺基板を接続するピン・ヘッダー／ソケットのみ実装します。

注：初期段階～第２段階では，E1 から 3.3V を供給します。

表 1.4.1　マイコン基板の部品表

部品番号	型番／仕様	購入先（例）
－	QB-R5F100LE-TB（TB ボード）	ASMIS ネットショップ
K12，K22， K32，K42	20 ピン・ヘッダー（2.54 ピッチ）	どこでも
K33，K34	40 ピン・ソケット（2.54 ピッチ） （TB 側に 40 ピン・ヘッダー2 個を実装必要）	どこでも
－	ユニバーサル基板	どこでも

1.4.2　LCD 基板

グラフィック LCD モジュールを搭載した基板です。

LCD バックライトの電源はマイコン電源とは別になっていて，第 3 段階の基板から取るようになっています。それまではバックライト無しで使うことになります。最初からバックライトも使いたい場合は，5V AC アダプタを VLED 端子に接続します。

表 1.4.2　LCD 基板の部品表

番号	型番／仕様	購入先例
U2	128x64 ドット LCD。SG12864A，BG12864A など。	秋月電子通商など
R10～R12	10Ω。1/4W 以上。	どこでも
RV1	10kΩ半固定。LCD コントラスト調整用。	どこでも
K11	20 ピン・ソケット	どこでも
－	ユニバーサル基板	どこでも

1.4.3　キー基板

2 章後半のキー入力プログラム例で使用します。LED はキーのシフト状態の表示に使います。

・キーの割り当て（表 1.4.3−1 参照）

BS　：バックスペース。Enter キーを押すまでは修正可能です。

NUM　：数字シフト

ALPA：英字 A シフト。英字 A シフト状態で押すと小文字と大文字の切り替えになります。

ALPB：英字 B シフト。英字 B シフト状態で押すと小文字と大文字切り替えになります。

SYMB：記号シフト

ENT　：Enter キー。入力を確定するのに使います。入力例では⊿記号で示します。

その他のキー:シフト状態により４種類の文字に対応します。

表 1.4.3−1 の白抜き枠に，NUM，ALPA，ALPB，SYMB の順に文字との対応関係を示します。ただし□，■は次の意味です。

□：スペースです。

■：かなシフトです。1 回目でひらがな変換。2 回目でカタカナ変換，3 回目で無変換に戻ります。ローマ字かな変換は，表 1.4.3−3 の組合せのみ受け付けます。

表 1.4.3−1　キー配置

NUM	／BP＝	＊KG～	−AA｛	BS
7NQ&	8MC｜	9SZ＾	＋II｝	ALPA
4”　’(	5YF)	6TD¥	%UU［	ALPB
1？！＜	2VX＞	3HW$	EEE］	SYMB
0RL；	.　，J：	□□□＿	■OO#	ENT(⊿)

表 1.4.3−2　キーのシフト状態表示（色は一例）

LED	数字シフト	英字Aシフト	英字Bシフト	記号シフト
D10	●	●	○	○
D11	●	○	●	○
D12	●	○	○	●

D13 は，かなシフトの場合に点灯（●）します。

表 1.4.3－3　ローマ字かな変換表

a:あア	i:いイ	u:うウ	e:えエ	o:おオ	vv:ヴヴ
xa:ァァ	xi:ィィ	xu:ゥゥ	xe:ェェ	xo:ォォ	
ka:かカ	ki:きキ	ku:くク	ke:けケ	ko:こコ	
ga:がガ	gi:ぎギ	gu:ぐグ	ge:げゲ	go:ごゴ	
sa:さサ	si:しシ	su:すス	se:せセ	so:そソ	
za:ざザ	zi:じジ	zu:ずズ	ze:ぜゼ	zo:ぞゾ	
ta:たタ	ti:ちチ	tu:つツ	te:てテ	to:とト	xt:っッ
da:だダ	di:ぢヂ	du:づヅ	de:でデ	do:どド	
na:なナ	ni:にニ	nu:ぬヌ	ne:ねネ	no:のノ	
ha:はハ	hi:ひヒ	hu:ふフ	he:へヘ	ho:ほホ	
ba:ばバ	bi:びビ	bu:ぶブ	be:べベ	bo:ぼボ	
pa:ぱパ	pi:ぴピ	pu:ぷプ	pe:ぺペ	po:ぽポ	
ma:まマ	mi:みミ	mu:むム	me:めメ	mo:もモ	
ya:やヤ	va:ゃャ	yu:ゆユ	vu:ゅュ	yo:よヨ	vo:ょョ
ra:らラ	ri:りリ	ru:るル	re:れレ	ro:ろロ	
wa:わワ				wo:をヲ	nn:んン

表 1.4.3－4　キー基板の部品表

番号	型番／仕様	購入先例
SW1～SW25	タクト・スイッチ	どこでも
R20～R23	高輝度 LED 使用時は 1kΩ，1/4W。 低輝度 LED 使用時は 330Ω～470Ω，1/4W。	どこでも
LED10	Vf=2V 前後の品種。 表 1.4.3 -2 の例では，オレンジ色。	どこでも
LED11	Vf=2V 前後の品種。 表 1.4.3 -2 の例では，黄色。	どこでも
LED12	Vf=2V 前後の品種。 表 1.4.3 -2 の例では，赤色。	どこでも
LED13	Vf=2V 前後の品種。 表 1.4.3 -2 の例では，黄緑色。	どこでも
K21	20 ピン・ソケット	どこでも
－	ユニバーサル基板	どこでも

1.4.4　通信基板

3 章で説明するマイコン内蔵周辺機能に対応しています。使ってみたい部分だけ実装すれば良いです。

・圧電ブザー　：内蔵タイマ機能により方形波を生成してメロディを出力します。
・調光用 LED　：内蔵タイマで PWM（パルス幅変調）波形を生成して LED 輝度を変えます。
・温度センサ　：内蔵 A/D コンバータで温度を読み取ります。
・時計　　：内蔵 RTC（リアルタイム・カウンタ）により時計を動作させます。
・COM ポート　：内蔵シリアル・インタフェース機能によりパソコンと通信を行います。
・赤外線送受信：内蔵タイマ機能により送信波形を生成したり，入力パルス幅測定を行って受信を行います。Ir-DA ではありません。

表 1.4.4　通信基板の部品表

番号	型番／仕様	購入先例
U3	USB シリアル変換 AE-UM232R	秋月電子通商
U4	赤外受光モジュール 38kHz(PL-IRM2161-C438)	秋月電子通商
U5	温度センサ LM61BIZ など	秋月電子通商など
U31	3.3V 電源 IC。NJU7223F33。	秋月電子通商など
Q1,Q2	Nch MOS FET 2SK2961 など。	サトー電気など
D3	赤外 LED（940nm）。OSI5FU5111C-40 など。	秋月電子通商など
D4	各種 LED（V_F はおおむね 4V 程度まで）。	どこでも
BZ1	圧電ブザー（他励式），圧電スピーカ。	どこでも
C10	10μF 以上，10V 以上	どこでも
R30～R34	100Ω，1/4W 以上。	どこでも
R35～R36	100kΩ	どこでも
K31	20 ピン・ソケット	どこでも
―	ユニバーサル基板	どこでも

1.4.5　SD 基板［注：将来拡張予定］

音声データ等の記録が行える SD カード・スロットと，音声入出力が可能な音声コーデックを搭載した基板です。

・SD カード・スロット

2GB まで対応。ファイル・システムは簡易版のため，パソコン等で読み書きは出来ません。

・音声コーデック

16 ビット 8kHz サンプリングで入出力します。マイコン側で 4 ビット ADPCM 圧縮を行います。

表 1.4.5　SD 基板の部品表

番号	型番／仕様	購入先例
K43	CK-35 または C-SDC。SD カードコネクタ。	サンハヤトまたはダイセン工業
D45	赤 LED (Vf=2V 前後のもの)	どこでも
U42	WM8510。オーディオ・コーデック。	チップワンなど
MIC40	WM_E13YU。エレクトレット・コンデンサ・マイク。	秋月電子通商など
SP40	8Ω，1W 以上。スピーカ。	どこでも
C48	0.01μF セラコン	どこでも
C43	0.1μF 積層セラコン。	どこでも
C53～C55	1μF/50V。ケミコン(電解コンデンサ)。	どこでも
C56～C57	4.7μF/10V 以上。ケミコン(電解コンデンサ)。	どこでも
C50～C52	47μF/10V 以上。タンタル・コンデンサを推奨。 ケミコン(電解コンデンサ)でも可。	どこでも
R44	470Ω	どこでも
R45	1kΩ	どこでも
R50～R52	2.2kΩ	どこでも
R54	10kΩ	どこでも
R40～R43	47kΩ	どこでも
K41	20 ピン・ソケット	どこでも
―	ユニバーサル基板	どこでも